

# HITSAUKSEN TYÖOHJEISTUS JA VARASTOINNIN ORGANISOINTI

Jukka Petteri Aimasmäki

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön mahdollistanutta Kirike Oy:tä ja yrityksen puolelta työtä valvonutta laatupäällikkö Markus Kuoppamaata sekä Savonia-ammattikorkeakoulun puolelta työtä ohjannutta tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläistä. Työ laajensi omaa tietämystäni hitsauksesta työmenetelmänä ja toivon, että siitä on todellista hyötyä asiakkaalle ja mahdollisesti myös tuleville opiskelijoille.

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jukka Petteri Aimasmäki	
Työn nimi Hitsauksen työohjeistus ja varastoinnin organisointi	
Päiväys 6.5.2011	Sivumäärä/Liitteet 34/2
Ohjaaja(t) Tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläinen, lehtori Pertti Kupiainen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kiri Oy, Markus Kuoppamaa	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli alustavien hitsausohjeiden ja hitsauksen työohjeiden laatiminen sekä hitsaukseen käytettävien hitsauskiinnittimien varastoinnin organisointi. Työ- ja hitsausohjeiden tarkoituksena on tasata valmistettavien tuotteiden laatua ja opastaa uusia sekä vanhoja työntekijöitä.</p> <p>Työssä tutkittiin hitsauksen laadunhallintastandardeja ja ohjeistuksista laadittiin standardien mukaisia. Työohjeisiin tulevat tiedot työvaiheista ja kappalekohtaisesti huomioitavista yksityiskohdista kerättiin tuotannosta ja tuotannon työntekijöiltä ja ohjeet dokumentoitiin. Hitsausohjeisiin vaadittavat hitsausmuuttujat kerättiin myös tuotannon työntekijöiltä ja dokumentoitiin ohjelomakkeiksi. Varastoinnin organisoinnissa tutkittiin eri mahdollisuuksia varastoinnin parantamiseen ja päädyttiin rivi- ja sarakehyllypaikka merkkausjärjestelmään. Hyllykerrokset merkittiin aakkosittain ja sarakkeet lokeroitiin väliseinälevyillä ja numeroitiin. Merkityistä hyllyistä laadittiin hyllykartat, joiden mukaan hitsauskiinnittimet ovat helposti löydettävissä. Kun yhdistetään systemaattinen varastointi työ- ja hitsausohjeiden kanssa, tulee yrityksen hitsaustuotannosta hallitumpaa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin työohjeita 27 kappaleen valmistukseen sekä 37 kappaletta alustavia hitsausohjeita yrityksen käyttöön. Näiden lisäksi hitsauskiinnittimien varastointi selkeytyi huomattavasti merkittyjen hyllypaikkojen ansiosta.</p>	
Avainsanat työohje, hitsausohje, varastointi	
julkinen	

Field of Study Natural Sciences			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jukka Petteri Aimasmäki			
Title of Thesis Work Instructions for Welding and Storage System Organisation			
Date	6.5.2011	Pages/Appendices	34/2
Supervisor(s) Mr. Esa Jääskeläinen M.Sc, Mr. Pertti Kupiainen M.Sc.			
Project/Partners Kirike Oy, Markus Kuoppamaa			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to create preliminary welding procedure specifications (pWPS) and working instructions for welding production and to organize the storing of the welding fasteners used in welding processes. The purpose was to stabilise the quality of products and serve as a guide for new employees as well as for old employees.</p> <p>In this project the standards of welding quality controlling were examined and working instructions were made to meet the requirements of the standards. The information was collected by observing production and interviewing production workers. After that the information was documented in forms made by using the methods of welding quality standards. Different options to improve storing were studied and a system was chosen where the place for welding fasteners in both row and column is marked. Shelf levels were marked in alphabetical order and columns were separated by metal walls welded in vertical direction and numbered. After marking the shelves, section maps were created. Combining a systematic storage system, working instructions and welding procedure specifications improve the welding process in the company.</p> <p>As a result of the project the company gained working instructions for manufacturing 27 different products and 37 preliminary welding procedure specifications to guide the welding of a product. Beside this, the storing of welding fasteners became much more systemized due to the marked shelf sections.</p>			
Keywords work instruction, welding procedure specification, storage			
public			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	KIRIKE OY .....	8
3	TUOTANTO.....	9
3.1	Materiaalivirta .....	9
3.2	Hitsaamo .....	10
3.2.1	Työvälineet.....	10
3.2.2	Käytettävät lisäaineet .....	11
3.3	Tuotantokappaleet.....	11
3.3.1	Hitsattavat kappaleet.....	12
3.3.2	Kappaleiden hitsauskiinnittimet.....	12
4	VARASTOINTIJÄRJESTELYT .....	13
4.1	Ulkovarasto .....	13
4.2	Sisävarasto.....	13
5	TAUSTATIEDOT .....	14
5.1	Hitsaus .....	14
5.1.1	MIG/MAG-hitsaus.....	14
5.1.2	Materiaalin hitsattavuus.....	15
5.1.3	Hitsausenergia ja jäähtymisaika t <sub>8/5</sub> .....	16
5.1.4	Hitsausluokat.....	17
5.1.5	Hitsausvirheet.....	18
5.2	Laadun merkitys tuotannossa .....	19
5.2.1	Hitsauksen laadunvarmistus.....	20
5.2.2	SFS-EN ISO 3834 .....	21
5.2.3	WPS-hitsausohjeet.....	22
5.3	Varastoinnin merkitys .....	23
6	TYÖN SUORITUS JA TULOKSET .....	24
6.1	Työohjeet.....	24
6.2	pWPS-hitsausohjeet .....	26
6.2.1	Tietojen keräys .....	26
6.2.2	Lämmöntuontien ja jäähtymisaikojen tarkastelu.....	28
6.3	Varastointi .....	30
6.3.1	Varastoinnin suunnittelu .....	30
6.3.2	Varastoinnin toteutus.....	31
7	YHTEENVETO .....	32
	LÄHTEET.....	34

## LIITTEET

Liite 1 Mallinnetun ottolaatikon valmistuspiirustukset

Liite 2 Mallinnetun lokeroitiseinän valmistuspiirustus

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia työohjeita ja alustavia hitsausohjeita alihankintakonepaja Kirike Oy:n käsihitsaustuotantoon sekä organisoida hitsauksessa käytettävien kappalekohtaisten hitsauskiinnittimien varastointi. Laaditut työ- ja hitsausohjeet ovat tärkeä laaduntuottokijä ja ne myös tehostavat yrityksen tuotantoa. Nykyinen hitsauskiinnittimien varastointi on toteutettu varastohyllyillä, joissa ei ole merkittyjä paikkoja hitsauskiinnittimille. Koska turhaa aikaa kuluu oikean kiinnittimen etsimiseen, tähän yritetään hakea ratkaisua suunnittelemalla ja toteuttamalla uudenlainen varastointi kappalekohtaisille hitsauskiinnittimille.

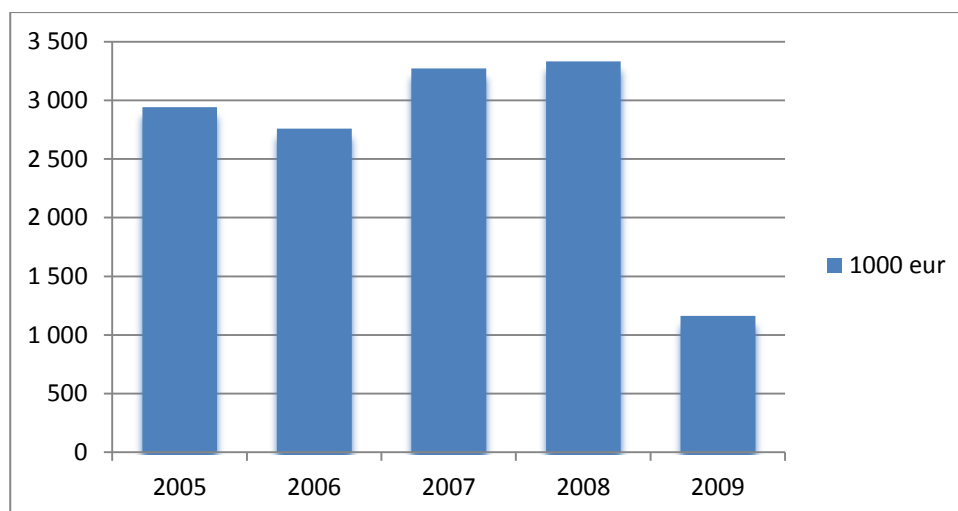
Alustavat hitsausohjeet (pWPS) sisältävät tarvittavat hitsausmuuttujat vaaditun laatutasovaatimuksen mukaiseen liitoksen toteuttamiseen. Muuttujia ovat mm. hitsattava materiaali, liitosmuoto, railotyyppi, hitsausvirta sekä –jännite, langansyöttönopeus, hitsauskuljetusnopeus, käytettävä lisäaine ja suojakaasu, palkojen lukumäärä sekä palkokuvio. Hitsausohjeiden tarkoitus on tasata hitsien laatua ja yhtenäistää hitsaajien toimintaa. Varsinkin käsihitsauksessa jokaisella hitsaajalla on oma tyylinsä ja tapansa tehdä työ, joten laadunvaihtelut voivat olla suuriakin. Hitsausohjeisiin pyritään hakemaan hitsausarvot, joilla kyetään tuottamaan vaadittua laatua tehokkuudesta tinkimättä ja näitä ohjearvoja jokaisen hitsaajan tulisi pyrkiä noudattamaan. Ohjeistettuja muuttujia käyttämällä vältetään laatupoikkeamat, mutta käsihitsauksessa on kuitenkin syytä muistaa, että lopullinen hitsin laatu riippuu hitsaajan ammattitaidosta.

Hitsauksen työohjeistuksiin esitetään kappaleen valmistuksen työvaiheet selostuksin sekä kuvin. Koska tuotannossa voi olla pitkiäkin aikoja ettei samaa tuotetta ole valmistuksessa, on käytännöllistä siirtää niin sanottu hiljainen tieto paperille. Ohjeet myös helpottavat uusia työntekijöitä, niissä on opastettu hitsauskiinnittimien käyttö, mahdollisten asennoivien apukappaleiden käyttö, hitsauskiinnittimien varastointi, työvaiheet sekä kappaleen hitsauksessa huomioitavat asiat. Kun yhdistetään hitsausohjeet, työohjeet ja organisoitu varastointi, muuttuu kappaleiden hitsaustuotanto tasaisemmin tuottavaksi, varmemmaksi sekä rationalisoiduksi toiminnaksi.

## 2 KIRIKE OY

Kirike Oy on Outokummussa toimiva alihankintakonepaja. Yritys tarjoaa asiakkailleen koneistus-, hitsaus-, pintakäsittely-, mekaniikkasuunnittelu sekä kokoonpanopalvelua ja työllistää tällä hetkellä 29 henkilöä. Tuotantotiloja yrityksellä on noin 2300 m<sup>2</sup>. Yrityksen liikevaihto oli 1,1 miljoonaa euroa vuonna 2009, liikevaihdon kehitys on esitetty taulukossa 1. Taulukossa on esitetty liikevaihto ainoastaan vuoteen 2009 asti. Vuonna 2010 liikevaihto oli 2,7 miljoonaa euroa. Virallista tietoa ei kuitenkaan ollut vielä saatavilla. Yrityksen suurin asiakas on metsäkoneita valmistava John Deere Forestry Oy. Muita tunnettuja asiakkaita ovat mm. Outotec, ABB sekä Fortum. Kirike Oy:n tiloissa toimii yhteistyökumppani ja yrityksen osakas MJM solutions Oy, joka tarjoaa asiakkailleen mekaniikka- ja automaatiosuunnittelua ja täydentää Kiriken palveluita suunnittelusta valmiiseen tuotteeseen asti. (Kirike Oy 2008.)

TAULUKKO 1. Liikevaihdon kehitys (Finder)



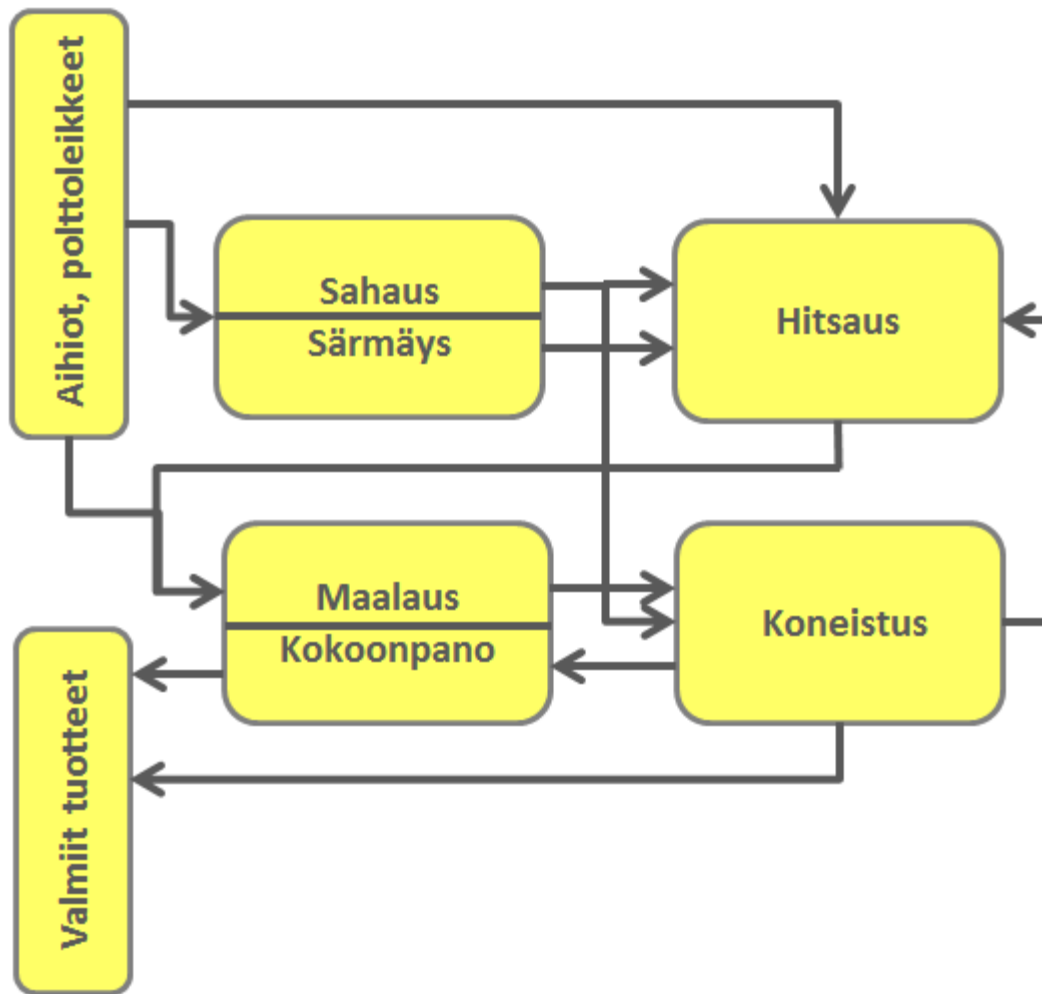


### 3 TUOTANTO

Kiriken tuotanto koostuu koneistuksesta, hitsauksesta, pintakäsittelystä ja kokoonpanosta. Kappaleiden aihoit tulevat polttoleikkeinä, ainesputkena ja vedettynä tankomateriaalina tarpeen mukaan. Yrityksen konekantaan kuuluu muun muassa särmäyspuristin, automaattivannesaha, 2 kappaletta säteisporakoneita, 2 NC-ohjattua avarruskonetta, NC-ohjattu työstökeskus, NC-sorvi, 2 manuaalisorvia, yleisjyrsinkone ja manuaalikäyttöinen avarruskone. Hitsaamossa käytettävissä on 6 Kempin MIG-hitsauskonetta, joita käsitellään tarkemmin luvussa 3.2. Tuotteet pintakäsitellään pulverimaalaamalla. Pintakäsittelypuolen laitteistoon kuuluu muun muassa metalliraepuhaluslinja, pulverimaalauslaitteet sekä 2 nestekaasulämmitteistä kierto-ilmauunia. Kokoonpanossa käytetään käsityökalujen lisäksi hydraulisia puristimia esimerkiksi kuparilaakereiden kiinnitykseen. (Kirike Oy 2008.)

#### 3.1 Materiaalivirta

Valmistettavien tuotteiden materiaalivirta etenee tarvittavien työvaiheiden mukaan. Yksinkertaisimmat tuotteet etenevät suoraan polttoleikatusta tai sahatusta aihioista maalaukseen ja sieltä koneistukseen sekä tarvittaessa kokoonpanoon. Mikäli tuotteet särmätään tai hitsataan, etenee materiaalivirta kuvan 1 mukaisesti. Periaatteena kuitenkin on, että koneistus ja kokoonpano ovat tuotteen viimeiset työvaiheet. Monissa konepajoissa koneistukset suoritetaan ennen maalausta, mutta koneistamalla valmistettavat kappaleet vasta maalauksen jälkeen vältetään esimerkiksi tarkkojen sovitereikien sekä kierrereikien suojaaminen ja mahdollinen puhdistaminen.



KUVA 1. Yrityksen materiaalivirta

### 3.2 Hitsaamo

Yrityksen hitsaamon tuotantotilat ovat noin 400 m<sup>2</sup> ja hitsaamo koostuu kuudesta työpisteestä. Hitsaamo toimii kahdessa vuorossa konepajan muiden osastojen tavoin. Kappaleita hitsataan käsin MAG-täytelankahitsauksena, mutta yritys investoi keväällä 2011 Motoman-robottihitsaussoluun, joka tulee tehostamaan hitsauksen tuottavuutta ja laatua. Robottihitsaussolu sijoitetaan erilliseen, n. 350 m<sup>2</sup>:n tuotantotilaan.

#### 3.2.1 Työvälineet

Työvälineinä hitsaamossa on Kempin MIG-hitsauskoneita (Kempoweld 4000 ja Kempoweld 4200 sarjaa) sekä erilaisia paineilmalla ja sähköllä toimivia viimeistely- ja hiontatyökaluja. Yhdessä työpisteessä, jossa hitsataan pääasiassa tuotannon suurimpia kappaleita, on käytössä Firetec Oy:n valmistama 800 kilogramman kapasiteetilla oleva New Firo -kappaleenkäsittelypöytä. Hitsauksessa käytettävä suojakaasu tulee jokaiselle hitsauspisteelle keskusverkostosta, johon on kytketty 12

kappaleen suojakaasupatteri. Jokaisessa hitsauspisteessä suojakaasun virtausnopeus on säädetty noin 20 litraan minuutissa.

### 3.2.2 Käytettävät lisäaineet

Yrityksessä yleisimmin hitsauksessa käytettävä lisäaine on ESAB OK Turbrod 14.12. Lisäaine on seostamaton metallitäytelanka MAG-hitsaukseen. Metallitäytelanka on tarkoitettu seostamattomien terästen hitsaukseen, ja se soveltuu hyvin myös robottihitsaukseen. Langalla on myös hyvät lyhytkaarihitsausominaisuudet, mistä syystä se soveltuu hyvin myös putkihitsaukseen ja ohutlevyjen hitsaukseen. Turbrod 14.12 soveltuu myös asentohitsaukseen, mistä syystä se on erittäin monipuolinen ja yleisesti käytetty lisäaine MAG-hitsauksessa. (Oy ESAB 2008, 37.)

Suojakaasuna käytetään AGA:n Mison 18 -suojaakaasua. Kaasu soveltuu hyvin seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen MAG-hitsaukseen metallitäytelangoilla. Mison 18 -suojaakaasu antaa matalan hitsin ja vähäroiskeisen hitsaustapahtuman lyhyt- ja kuumakaarihitsauksessa, ja se on hyvä valinta yleiskaasuksi. Kaasu vastaa ryhmää M21 ja sen standardimerkintä on EN ISO 14175-Z-ArC+NO-18/0,03. (Oy AGA Ab.)

### 3.3 Tuotantokappaleet

Yrityksessä valmistetaan pääasiassa keskiraskaita metalliteollisuuden tuotteita. Tuotantokappaleet on jaoteltu karkeasti kahteen osaan. Pienenpään osatuotantoon kuuluvat kaksilaatikko-osat, joiden eräkoot ovat suuria ja tuotteet yksittäisiä sekä sekvenssiosat, joissa eräkoot ovat vastaavasti pienempiä, mutta tuotteet ovat suurempaa kokoluokkaa ja osat muodostavat yhdessä asiakkaan valmiin tuotteen osakokoonpanon. Sekvenssiosat toimitetaan sarjoissa, joista on toteutettavissa vaadittu osakokoonpano. Tässä tapauksessa osakokoonpanona on John Deeren harvesterikoneiden puomisto. Yrityksessä kyetään tilojen puolesta valmistamaan myös melko suurikokoisia metalliteollisuuden tuotteita työkoneiden kapasiteettien mukaan.

### 3.3.1 Hitsattavat kappaleet

Suurin osa yrityksessä tuotettavista kappaleista on hitsattavia rakenteita. Kappaleiden materiaalina käytetään rakenneteräksiä, kuten S355J2G3, S620MC, S420MC ja muita koneen runko- ja puomirakenteisiin soveltuvat hyvin hitsattavia ja korkean lujuuden omaavia teräksiä. Hitsattavien kappaleiden paino vaihtelee ~10kg ja ~150kg välillä. Kappaleiden fyysiset mitat ovat sitä luokkaa, että ne ovat helposti käännettävissä käsin tai nostolaitteella. Kappaleiden pienet koot mahdollistavat alapiena (PB) ja jalkoasento (PA) hisausasennot jokaiseen hitsausliitokseen. Näihin asentoihin tulee pyrkiä, sillä niillä saavutetaan hitsauksessa suurin tehokkuus ja liitosten laatu pysyy korkeana. Suurimpien kappaleiden hitsauksen tehostamiseen yritykseen hankitaan hitsausrobotin lisäksi kappaleenkäsittelypöytiä.

### 3.3.2 Kappaleiden hitsauskiinnittimet

Sarjakokojen ollessa suuria on tehokasta käyttää hitsauskiinnittimiä kappaleiden silloitukseen. Hitsauskiinnittimet on suunniteltu siten, että kappaleet ovat kasattavissa kiinnittimeen valmiiseen muotoonsa, kuitenkin ilman hitsausliitoksia. Hitsauskiinnittimessä suoritetaan kappaleille ainoastaan silloitusvaihe, sillä hitsauksen lämmöntuonnin ja jäähtymisen aiheuttamat kutistumat hankaloittavat kappaleen irrottamista kiinnittimestä, mikäli myös hitsaukset suoritettaisiin kiinnittimessä. Kiinnittimiin on suunniteltu tarkat, koneistetut vastepinnat, joita vasten liitettävät osat tulee asemoida. Vastepintojen mitoituksessa on otettu huomioon hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset kappaleen mittoihin sekä tuotteen maalipinnan paksuus. Tällöin tuotteen mitta toteutuu vaaditun toleranssin sisään hitsausvaiheen sekä pintakäsittelyn jälkeen. Huolellisella hitsauskiinnittimien suunnittelulla ja oikeanoppisella käytöllä eliminoidaan mittavirheitä valmistuksessa ja nopeutetaan hitsaustuotantoa.

## 4 VARASTOINTIJÄRJESTELYT

### 4.1 Ulkovarasto

Yrityksen hitsaustuotannossa käytettävät hitsauskiinnittimet on varastoitu erilliseen ulkovarastoon sekä hitsaamon yhteydessä sijaitsevaan pieneen sisävarastoon. Kylmässä ulkovarastossa säilytetään sekvenssiosiin käytettäviä hitsauskiinnittimiä. Sekvenssiosien hitsauskiinnittimet on sijoitettu ulkovarastoon niiden suuren koon vuoksi, sillä hitsaushallissa sijaitsevassa sisävarastossa ei ole tilaa eurolavahyllyille eikä suurikokoisten hitsauskiinnittimien siirtelyyn. Sekvenssiosien hitsauskiinnittimille on ulkovarastossa merkityt hyllypaikat, mikä helpottaa kiinnittimien paikantamista varastosta eikä turhaa aikaa kulu etsiskelyyn. Merkittyjä hyllypaikkoja ulkovarastossa on 156. Merkityille hyllypaikoille on hitsauskiinnittimien lisäksi varastoitu aihioita ja valmiita tuotteita. Hyllyjen merkintöjen logiikkana on sarake ja rivi -järjestelmä. Rivit on merkattu A:sta D:hen ja sarakkeet numeroilla 1 - 39.

### 4.2 Sisävarasto

Hitsaamon yhteydessä oleva sisävarasto on tämän opinnäytetyön yksi kehittämisen kohde. Sisävarastossa säilytetään kaksilaatikko-osien ja pienten asiakkaiden tuotteiden hitsauskiinnittimiä. Kiinnittimet ovat pienikokoisia, joten on kannattamatonta säilöä niitä eurolavoille ja eurolavahyllyille. Myös tila rajoittaa lavahyllystöjen käyttöä, pienessä varastointinurkkauksessa ei mahdu käyttämään trukkia eikä esimerkiksi sähköllä toimivaa pinoajaa. Sisävarastossa on kaksi omavalmisteista varastointihyllyä, joissa hitsauskiinnittimet ovat sekalaisessa järjestyksessä. Näin ollen kuluu turhaa aikaa oikean hitsauskiinnittimen etsintään. Sisävarastossa säilöttävien hitsauskiinnittimien painot vaihtelevat noin 1 ja 30 kilogramman välillä, joten ne ovat nosteltavissa käsin ilman erillisiä nostoapulaitteita, sillä raskaimmat kiinnittimet on sijoitettu lattiatasoon.

## 5 TAUSTATIEDOT

### 5.1 Hitsaus

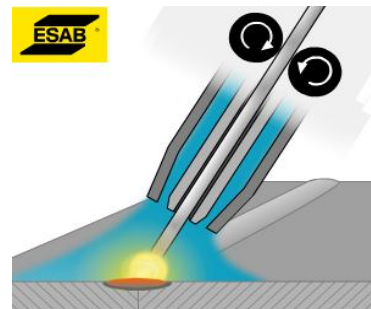
Hitsaus on materiaalien liittämismenetelmä. Hitsauksella tarkoitetaan kahden tai useamman kappaleen liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osien välille muodostuu jatkuva yhteys. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamispiste on suunnilleen sama kuin perusaineen sulamispiste. (Lukkari 2002, 21.)

Hitsausprosessit jaetaan kahteen pääryhmään: sulahitsaus ja puristushitsaus. Sulahitsauksessa liitoskohtien pinnat kuumennetaan sulaan lämpötilaan, jolloin pinnat liittyvät yhteen ilman puristusta. Sulahitsaus voidaan tehdä joko lisäaineella tai ilman. (Lepola & Makkonen 2005, 8.)

Hitsaus on yleisin ja tärkein menetelmä terästen ja ei-rautametallien liittämiseen ja sitä voidaan käyttää myös monien ei-metallisten materiaalien, esimerkiksi muovien ja keraamien liittämiseen (Lukkari 2002 13).

#### 5.1.1 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus on metallikaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välissä. Sula metalli siirtyy pieninä pisaroina langan päästä hitsisulaan. Langansyöttölaite syöttää tasaisella nopeudella hitsauslankaa hitsauspistooliin ja siitä edelleen valokaareen. Suojakaasu suojaa kaaritilaa ympäröivältä ilmalta. MIG- ja MAG-hitsauksen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2. MIG- ja MAG-hitsauksen ero on käytetty suojakaasu, MAG-hitsauksessa suojakaasu on aktiivista, kun taas MIG-hitsauksessa käytetään inerttiä suojakaasua. (Lukkari 2002, 159.)



KUVA2. MIG/MAG-hitsauksen toimintaperiaate (Oy ESAB)

MIG/MAG-hitsauslaitteistoon kuuluu seuraavat pääosat: hitsausvirtalähde, langansyöttölaitteisto, suojakaasulaitteisto sekä hitsauspistooli (Lepola & Makkonen 2005, 104). Laitteisto toimii siten, että verkkovirta muunnetaan virtalähteen avulla hitsaukseen sopivaksi. Hitsauslanka syötetään langansyöttölaitteella lankakelalta

hitsauspistoolin ja langansyöttölaitteen välissä olevaa monitoimijohtimen langanjohdinta pitkin kosketussuuttimen kautta hitsisulaan. Samanaikaisesti suojakaasua johdetaan kaasupullostasta virtausmittarin kautta monitoimijohtimessa olevaa kaasuletkua myöten hitsauspistooliin. Maadoituskaapeli yhdistää virtalähteen ja työkappaleen. Tällöin hitsauslangan osuessa työkappaleeseen syntyy oikosulku, joka sytyttää valokaaren. (Lukkari 2002, 177.)

MAG-täytelankahitsauksen (hitsausprosessi numerotunnus 138) toimintaperiaate on melko sama kuin MAG-hitsauksen eli MAG-umpilankahitsauksen. Ainoa ero on, että hitsauslankana oleva umpilanka on korvattu täytelangalla (Lukkari 2002, 228.)

### 5.1.2 Materiaalin hitsattavuus

Materiaalin hitsattavuus ja muovattavuus ovat tärkeimpiä teräsrakenteen konepajavalmistuksen onnistumiseen ja taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Hitsattavuus tulee ottaa huomioon materiaalia ja valmistusmenetelmää valittaessa, sillä hitsauksessa tapahtuneet muutokset teräksen rakenteessa voivat heikentää teräksen ominaisuuksia. Arviointiperusteita ovat mm. taipumus kuumahalkeamiin, kylmähalkeamiin ja vanhenemiseen sekä hitsausliitosalueen eri vyöhykkeiden sitkeysarvot. (Rautaruukki 2003, 16, 100.)

Teräksen hitsattavuus on hyvä, kun siihen voidaan ilman erityistoimia valmistaa hitsausliitos, joka täyttää asetetut vaatimukset. Materiaalin hitsattavuutta voidaan arvioida esimerkiksi hiiliiekvivalenttilaskun (CE, CEV, C-ekv, CE-IIW) perusteella, joka arvioi teräksen karkenevuutta. Yrityksessä yleisesti käytettävien terästen karkenevuuden määrittämiseen sopii seuraava hiiliiekvivalentin (CEV) kaava:

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo - V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (1)$$

Teräksen hitsattavuus karkenemishalkeamien esiintymisen kannalta on hyvä, jos CEV on pienempi kuin 0,41. Hiiliiekvivalentin arvo 0,41 - 0,45 takaa hyvän hitsattavuuden emäksisillä lisäaineilla. Esimerkiksi yksi yleinen yrityksessä käytetty teräs on S355J2G3 ja sen hiiliiekvivalentin arvo vaihtelee seosaineiden määrän tarkkuuden ja ainespaksuuden mukaan 0,42...0,47. (Rautaruukki 2003, 16, 37, 100).

### 5.1.3 Hitsausenergia ja jäähtymisaika $t_{8/5}$

Hitsausenergialla tarkoitetaan kaarihitsauksessa hitsauksessa käytettyä energiaa hitsattavan palon pituusyksikköä kohti. Hitsausenergia vaikuttaa liitoksen ominaisuuksiin, liian korkea hitsausenergia aiheuttaa esimerkiksi sitkeysominaisuuksien huonontumista, mistä syystä usein rajoitetaan hitsausenergiaa mm. hienoraeterästen sekä suurilujuisten terästen hitsauksessa. Mikäli hitsausohjeessa on esitetty hitsausenergian tai lämmöntuonnin arvo, tulee sitä pyrkiä noudattamaan ja hitsaajan kannalta suurin tekijä hitsausenergian ja sitä kautta lämmöntuonnin kasvuun on hitsauksen kuljetusnopeus. Jos kuljetusnopeus on vain puolet ohjearvosta, kasvaa kaavan mukaan hitsausenergia kaksinkertaiseksi ja toisinpäin. (Lukkari 2002, 54.)

Hitsausohjeessa yleensä opastetaan lämmöntuonti hitsausenergian sijaan ja se määritetään kertomalla laskettu hitsausenergia hitsausprosessin termisellä hyötysuhteella  $k$ . MIG/MAG-hitsausprosessin terminen hyötysuhde on 0,8. (Rautaruukki 2003, 27.) Hitsausenergian laskukaava on:

$$E = \frac{I \cdot U}{1000 \cdot v} \quad (2)$$

,jossa  $E$  = hitsausenergia (kJ/mm)  
 $U$  = kaarijännite (V)  
 $I$  = hitsausvirta (A)  
 $v$  = hitsausnopeus (mm/s)

, näin ollen lämmöntuonti ( $Q$ ) saa kaavan:

$$Q = k \cdot E \quad (3)$$

Jäähtymisajan ( $t_{8/5}$ ) määrittäminen on tärkeää, sillä hitsausliitoksen ominaisuudet riippuvat oleellisesti liitoksen jäähtymisnopeudesta. Jäähtymisnopeuteen vaikuttavat lämmöntuonti (hitsausenergia), levyn paksuus, liitosmuoto ja hitsauksen työlämpötila (kappaleen lämpötila hitsauksen alkaessa). Jos jäähtymisaika on lyhyt, eli kappale jäähtyy nopeasti, liitoksen kovuus nousee suureksi karkenemisestä johtuen. Vastaavasti jos jäähtymisaika on pitkä, kovuus jää matalaksi. (Rautaruukki 2003, 23.)



Yrityksessä käytettävien terästen jäähtymisaikasuositukset ovat sitä luokkaa, että  $t_{8/5}$  olisi noin 10 – 30 sekuntia optimaalisten ominaisuuksien kannalta. Mikäli ilmenee pieniä jäähtymisaikoja ( $t_{8/5} = < 10$  sekuntia), kyseisille kappaleille olisi syytä harkita työlämpötilan nostamista esilämmittämällä liiallisen kovuuden vuoksi. Jäähtymisajat lasketaan kahdella eri kaavalla, kaava 4 on ohuiden materiaalien jäähtymisajan laskemiseen (kaksidimensionaalinen lämmönjohtuminen) ja kaava 5 paksujen materiaalien jäähtymisajan laskemiseen (kolmedimensionaalinen lämmönjohtuminen). (Rautaruukki 2003, 25, 35 - 37).

Työkappaleen aineenpaksuus, jossa tapahtuu siirtyminen kaksidimensionaalisesta lämmönjohtumisesta kolmedimensionaaliseseen olisi laskettavissa asettamalla yhtälöt 4 ja 5 yhtä suuriksi ja ratkaisemalla siitä ainepaksuus. Yksinkertaisempi tapa on laskea molempien kaavojen antamat jäähtymisarvot ja suuremman tuloksen antanut kaava on oikea kyseisessä tapauksessa (Rautaruukki 2003, 25).

$$t_{\frac{8}{5}} = (4300 - 4,3 * T_0) * 10^5 * \frac{k^2 * E^2}{d^2} * \left[ \left( \frac{1}{500 - T_0} \right)^2 - \left( \frac{1}{800 - T_0} \right)^2 \right] * F_2 \quad (4)$$

$$t_{\frac{8}{5}} = (6700 - 5 * T_0) * k * E * \left( \frac{1}{500 - T_0} - \frac{1}{800 - T_0} \right) * F_3 \quad (5)$$

,jossa  $t_{8/5}$  = jäähtymisaika välillä 800 – 500 °C (s)

$T_0$  = työlämpötila (°C)

$k$  = hitsausprosessin terminen hyötysuhde

$E$  = hitsausenergia (kJ/mm)

$F_3$  = liitosmuotokerroin kaksi/kolmedimensionaalisessa lämmönjohtumisessa. (Rautaruukki 2003, 25).

#### 5.1.4 Hitsausluokat

Hitsiluokalla tarkoitetaan hitsin laatua kuvaavaa tunnusta, eli ne ovat toisin sanoen laatuluokkia (Lukkari 2002, 44.) Hitseille on standardoitu kolme eri hitsiluokkaa niiden geometrinen virheiden suhteen: B (vaativa), C (hyvä) ja D (tydyttävä). Vaadittu hitsiluokka riippuu hitsattavasta kohteesta ja se annetaan erikseen sovellutusstandardissa tai luokka on esitetty tuotteen valmistuspiirustuksissa. (Niemi 2003, 90.) Hitsiluokkaa valittaessa tulee huomioida rakenteelle tulevat kuormitukset,

rakenteen käyttöolosuhteet ja mahdollisesta vauriosta aiheutuvat seuraukset. (Lepola & Makkonen 2005, 46.)

Myös taloudelliset kriteerit hitsiluokan valintaan on huomioitava, mitä vaativampi luokka on, sitä kalliimmaksi tulevat liitoksen valmistuskustannukset. Hitsin laadulla tarkoitetaan hitsin tasalaatuisuutta, määrättyä virheettömyysastetta, pinnan tasaisuutta sekä geometrisia muotoja. Yleisin perinteisessä konepajahitsauksessa käytetty luokka on C. (Lepola & Makkonen 2005, 46.)

Hitsiluokka B on tavanomaista konepajakäytäntöä vaativampi laatu, jota käytetään mm. paineastioiden valmistuksessa (Niemi 2003, 90).

Hitsiluokka C on hyvä, normaalia konepajakäytäntöä edustava laatu, joka on riittävä staattisesti kuormitettuihin rakenteisiin (Niemi 2003, 90).

Hitsiluokka D on tyydyttävä ja vaatimaton laatu, jota käytetään vain toisarvoisissa hitsattavissa kohteissa (Niemi 2003, 90).

#### 5.1.5 Hitsausvirheet

Hitsausvirheellä tarkoitetaan epäjatkuvuutta hitsissä tai poikkeamaa hitsin muodossa. Hitsausvirheitä ovat esim. halkeamat, vajaa hitsautumissyvyys, huokoisuus ja kuonasulkeumat. Termien hitsausvirhe ja hitsausvika erona on, että hitsausvialla tarkoitetaan sellaista virhettä, joka on korjattava. (Lukkari 2002, 32.)

Hitsausvirheet syntyvät rakenteiden valmistuksen aikana ja ovat siten erilaisia valmistusvirheitä. Hitsauksessa tulee pyrkiä mahdollisimman virheettömään hitsaukseen, sillä hitsausvirheet heikentävät liitoksen kestävyyttä tai muita ominaisuuksia. Hitsin valmistuksessa on kuitenkin syytä huomioida käyttökohde, sillä kustannukset ja työn vaikeusaste kasvavat virheettömyyspyrkimysten myötä. Hitsausvirheet eivät välttämättä tee hitsiä käyttökelvottomaksi. Tästä syystä ei aina tarvita täysin virheetöntä hitsiä, mikäli rakenteen kuormitukset ja olosuhteet eivät sitä ehdottomasti vaadi. (Lukkari 2002, 32-34.)

Hitsausvirheistä on julkaistu kansainvälinen standardi SFS-EN ISO 6520-1, jossa virheet on luokiteltu ja numeroitu kuuteen pääryhmään. Päätyyppejä on 53 kappaletta ja niiden alatyyppejä 69 kappaletta. Pääryhmät ovat:

- Ryhmä 1: Halkeamat
- Ryhmä 2: Ontelot
- Ryhmä 3: Sulkeumat
- Ryhmä 4: Liittymävirheet, liitosvirheet
- Ryhmä 5: Muoto- ja mittavirheet
- Ryhmä 6: Muut virheet (Lukkari 2002, 32-34).

Hitsausvirheiden syntyä voidaan ehkäistä huolellisella hitsaustyöllä, työntekijöiden koulutuksella ja oikeilla hitsausparametrien valinnoilla sekä selkeillä hitsaus- ja työohjeistuksilla. (Oy ESAB 2002, 2; Lukkari 2002, 32 – 34.)

## 5.2 Laadun merkitys tuotannossa

Laadulla on monta merkitystä ja eri yhteyksissä se tarkoittaa erilaisia asioita. Yksi yleinen laadun määritelmä on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaan tarpeet ja vaatimukset (Lecklin & Laine, 2009, 15). Virheettömät tuotteet ovat asiakastyytyväisyyden ja menestyneen liiketoiminnan perusta jo vuosikymmenten ajan. Laatutekniikkaa sovelletaan teollisuudessa laajalti ja laatujärjestelmistä on muodostunut tehokas tapa varmistaa tuotteiden laadussa tietty perustaso ja pitämään virheelliset tuotteet pois markkinoilta. (Lillrank 1998, 5.)

Kun tavaroita aletaan valmistaa suurissa sarjoissa ja mahdollisimman tehokkaasti, saa tuotteen virheettömyys aivan uuden merkityksen. Laatuvirhe ei ole enää pieni vahinko, vaan se saattaa päivän edetessä moninkertaistua ja päivän päätteksi onkin varasto täynnä virheellisiä tuotteita. Näin virheettömyydestä ja toistokertojen välisen vaihtelun minimoinnista on tullut keskeinen asia laadunvalvonnassa. Tuotantokeskeisen laadun tärkein asianomistaja on luonnollisesti tuotannosta vastaava henkilö. (Lillrank 1998, 29.)

Virheettömyys on tuotantokeskeisessä laadussa tarkasteltava ilmiö ja siihen liittyvä mittari on luonnollisesti virheiden määrä. Tuotannossa toteutuvan laadun viimeinen tavoite on nollavirhetaso, eli täydellinen virheettömyys. Joillakin aloilla siihen on pakko pyrkiä. Kuitenkin useimmilla aloilla on tyytyminen siihen, että inhimillinen tekijä saa aikaan prosessien vaihtelun, sillä täydellisen laadun tavoittelun kustannukset saattavat nousta tuotteen markkina-arvoa suuremmiksi. Näin ollen on hyvä tyytyä erilaisiin hyväksymisrajoihin. (Lillrank 1998, 29-30.)

Virheettömyyttä pyritään saavuttamaan laatutekniikalla. Laatutekniikka tarkoittaa menetelmiä, joilla toimitteen laatua parannetaan poistamalla virheiden aiheuttajia ja suunnittelemalla prosessit sellaisiksi, ettei virheitä synny enää ensinkään. Laatutekniikka ei kuitenkaan yksistään riitä hyvän laadun aikaansaamiseen, tarvitaan myös laadun johtamista. Laadun johtaminen tarkoittaa niitä toimia, joilla laatutekniikat saadaan organisaatiossa levitetyiksi ja käytetyiksi tavoitteiden toteutumisen kannalta järkevällä tavalla. Laadun johtamisella pyritään varmistamaan, että parhaita tiedettyjä metodeja noudatetaan ja että niitä kehitetään jatkuvasti. (Lillrank 1998, 125-126.)

#### 5.2.1 Hitsauksen laadunvarmistus

Yleinen usein esitetty toteamus on ”Laatu syntyy tekemällä, ei tarkastamalla”. Laadunvarmistuksen tavoitteena on tehdä tuote heti valmiiksi ilman, että syntyy tarvetta korjauksiin. Hyvä laatu syntyy toimivan yrityksen laadunvarmistuksen, hyvän ”lattiatason” ammattitaidon ja selkeiden hitsausohjeiden kautta. Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kokonaisvaltaista yrityksen kaikkiin toimintoihin ulottuvaa laadunohjausta. Yrityksellä voi olla laatujärjestelmä, joka kattaa laadunohjaustoiminnot. (Oy ESAB 2002, 2.)

Hitsaaville yrityksille on olemassa eurooppalainen standardisarja: SFS-EN 729-1..4: Hitsauksen laatuvaatimukset (Lähteessä on mainittu vanhentunut standardi. Korvattu nykyään standardilla SFS-EN ISO 3834-1..4). Sarjassa on useampia eritasoisia laatuvaatimuksia, joista yritys voi valita itselleen sopivan laatutason. Osassa 2 on kattavat laatuvaatimukset, osassa 3 vakiolaatuvaatimukset ja osassa 4 peruslaatuvaatimukset. (Oy ESAB 2002, 2.)

Standardisoimisliitto on laatinut myös hitsauksen laadunhallintaa koskevan käsikirjan SFS-Käsikirja 66-1, jonka pohjalta opinnäytetyötä on pyritty tekemään.

### 5.2.2 SFS-EN ISO 3834

Standardissa SFS-EN ISO 3834 esitetään laatuvaatimuksia, jotka soveltuvat metallien sulahitsausprosesseille, mutta sitä voidaan myös soveltaa muille hitsausprosesseille. Standardin asettamat vaatimukset kohdistuvat vain niihin tuotteen näkökohtiin, joihin sulahitsaus vaikuttaa, tuoteryhmästä riippumatta. (SFS-EN ISO 3834-1, 10.)

Näin ollen valmistaja voi osoittaa kykynsä valmistaa määrättyä laatua vastaavia tuotteita ISO 3834-2,-3 tai -4 standardia käyttäen. Standardi on laadittu siten, että

- a.) se on riippumaton hitsattavasta rakennetyypistä
- b.) se määrittelee laatuvaatimukset, kun hitsataan konepajassa ja/tai asennuspaikalla
- c.) se antaa ohjeita, jotka kuvaavat valmistajan kykyä valmistaa hitsattuja rakenteita annettujen vaatimusten mukaisesti
- d.) se antaa ohjeita valmistajan hitsausvalmistuksien arvioimiseen (SFS-EN ISO 3834-1,10).

Standardia käyttämällä valmistaja voi osoittaa kykynsä valmistaa annettuja laatuvaatimuksia täyttäviä hitsattuja rakenteita seuraavissa tapauksissa:

- spesifikaatioissa
- tuotestandardissa
- viranomaisvaatimuksissa (SFS-EN ISO 3834-1,10).

Koska standardia voidaan käyttää erilaisissa tilanteissa ja eri sovellutuksille, ei voida antaa täsmällisiä sääntöjä yksittäisissä tapauksissa käytettävien laatuvaatimusten tasosta. Valmistajan laatutason valinnan tulisi perustua tuotestandardiin, spesifikaatioon, viranomais määräyksiin tai sopimukseen sekä huomioida seuraavat seikat:

- tuotteiden turvallisuuskäsitteiden kriittisyys, laajuus ja merkitys
- valmistuksen monimutkaisuus
- valmistettava tuotevalikoima
- käytettävä materiaalivalikko
- mahdollisten metallurgisten ongelmien laajuus
- miten laajasti valmistusvirheet, esim. sovitussuhteet, muodonmuutokset tai hitsausvirheet vaikuttavat tuotteen toimivuuteen. (SFS EN ISO 3834-1, 10, 12.)

Standardissa käsitellään määräyksiä muun muassa alihankinnasta, hitsaushenkilöstöstä, tarkastus- ja testaushenkilöstöstä, laitteistoista, hitsaustoiminnoista, hitsausaineista, perusaineen varastoinnista, hitsien jälkilämpökäsittelystä, tarkastuksesta ja testauksesta, poikkeamista ja korjaavista toimenpiteistä, mittaus-, tarkastus- ja testauslaitteiden kalibroinnista ja kelpuutuksesta sekä laatuasiakirjoista. Standardi voidaan valmistajan niin halutessa päivittää myös laadunhallintajärjestelmäksi täydentämällä standardin laatuvaatimuksia. (SFS EN ISO 3834-1, 12.)

### 5.2.3 WPS-hitsausohjeet

Hitsausohje WPS (Welding Procedure Specification) on sanastostandardin SFS 3052 mukaan ”asiakirja, jossa yksityiskohtaisesti esitetään tiettyyn hitsaussovellutukseen vaadittavat muuttujat toistettavuuden varmistamiseksi”. Hitsausohjeessa siis annetaan yksityiskohtaisesti kaikki hitsausliitoksen laadukkaseen toteuttamiseen tarvittavat oleelliset tiedot. Ohjeistus hitsausohjeen sisällölle ja laadinnalle ovat standardissa SFS-EN 288-2 (Lähteessä on mainittu vanhentunut standardi. Korvattu nykyään standardilla SFS-EN ISO 15609-1). (Lukkari 2002, 55.)

Hitsausohje on erinomainen työkalu hitsin laadun varmistamiseksi ja sen käyttö myös vähentää hitsausvirheiden määrää. Hitsausohjeet tulee siirtää paperille WPS-kaavakkeelle, eikä pitää niitä ainoastaan hitsaajan hiljaisena tietona. Kirjallisilla hitsausohjeilla varmistetaan tiedon pysyminen yrityksessä, mikäli hitsaaja yllättäen

sattuu lähtemään yrityksestä. Standardi ei määrittele sitä, milloin hitsausohje on on laadittava, mutta sitä on kuitenkin hyvä käyttää aina. Vaatimukset hitsausohjeiden käyttöön voivat tulla asiakkaalta, viranomaisilta, tuotestandardista tai yrityksen omasta laatu järjestelmästä. (Lukkari 2002, 55.)

Hitsausohje luokitellaan yleensä ensiksi alustavaksi hitsausohjeeksi (pWPS), ennen kuin se hyväksytetään ennen käyttöönottoa jollakin standardin SFS-EN 288 (Lähteessä on mainittu vanhetunut standardi. Korvattu nykyään standardilla SFS-EN ISO 15609). esittämistä tavoista. Hitsausohjeen tulee sisältää mm. seuraavia tietoja: yrityksen nimi, ohjeen numero, mahdollisen menetelmäkoepöytäkirjan numero ja hyväksymistapa, hitsausprosessi, liitettävien kappaleiden paksuudet, railomuoto ja railon mitoitus, hitsausasento, hitsausaineet, hitsausparametrit, hitsausenergia, esikuumennus, palkojen välinen lämpötila sekä jälkilämpökäsittely. Hitsausohje tulee laatia siten, että jokainen ohjeen käyttäjä ymmärtää ohjeen sisällön. (Lukkari 2002, 55)

### 5.3 Varastoinnin merkitys

Selkeä ja toimiva varastointi on tärkeä osa tuotannon tehokasta toimintaa. Vääränlaisesta varastoinnista koituu ylimääräisiä kustannuksia niin sisäisten kuljetusten kuin liiallisen pinta-alan vuoksi. Varaston järjestyksen ja siisteyden ylläpito on kaiken laadukkaan varastotoiminnan perusta. Järjestyksellä tarkoitetaan sitä, että tavarat ovat siististi hyllyissä ja helposti löydettävissä ja tarvittavat tuotteet selkeästi eroteltuja. Huonosti organisoidusta varastosta koituu kustannuksia kun aikaa käytetään kadoksissa olevan tavaran etsimiseen. Varaston siisteys ja järjestys on jokaisen käyttäjän vastuulla. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 384 - 385.)

## 6 TYÖN SUORITUS JA TULOKSET

Tässä luvussa käsitellään työn etenemistä. Suoritusta käsitellään jokaisen työn eri osa-alueen kannalta. Ensimmäiseksi käsitellään työohjeiden laatimisen vaiheita.

### 6.1 Työohjeet

Toisin kuin hitsausohjeisiin, työohjeistuksiin ei ole olemassa standardipohjaisia suosituksia, eikä niitä tarvitse missään vaiheessa virallisesti hyväksyttää ulkopuolisella taholla. Työohjeista tulee ohjeistuksia yrityksen hitsaamossa valmistettavien kappaleiden valmistukseen. Työohjeiden tekeminen aloitettiin suunnittelutyöllä. Ohjeita varten kartoitettiin ensimmäiseksi, mitä ohjeissa tulee tulla ilmi ja miten asia ilmaistaan selkeästi. Tietynlaisena lähtökohtana kaksilaatikko-osien työohjeistuksille toimi alustavasti sekvenssiosille laaditut työohjeet. Nykyiset työohjeet sisälsivät ainoastaan tuotteiden valmistuspiirustukset joihin oli tehty merkintöjä huomioitavista asioista kappaleiden valmistuksessa. Uusissa ohjeistuksessa päädyttiin kertomaan työvaiheistukset kuvin ja sanoin. Tällöin ohjeista ilmenee helposti olennaiset seikat tuotteiden valmistukseen.

Työohjeita varten laadittiin Microsoft Office Excel -työkirjapohja soveltamalla standardin SFS 3834 mukaan laadittua WPS-hitsausohjepohjaa. Työohjepohjasta tulee ilmi ohjeen valmistava yritys, työohjeen numero, valmistettavan tuotteen valmistuspiirustusnumero, hitsauskiinnittimen varastopaikan numero ja hitsauskiinnittimen numero, ohjeen laatija, laatimispäivämäärä, ohjeen hyväksyjän nimi ja hyväksymispäivämäärä, käytettävien hitsausohjeiden numerot sekä muiden ohjeeseen liitettyjen dokumenttien tiedot. Aiemmin mainitusti työohjeita ei tarvitse hyväksyttää ulkopuolisella taholla, mutta koska työ on opiskelijatyötä, päädyttiin käyttämään hyväksymisprotokollaa. Ennen ohjeiden käyttöönottoa joku yrityksen toimihenkilöistä käy ohjeet läpi ja merkitsee ohjeet hyväksytyiksi ja valmiina tuotantoon käytettäväksi.

Ohjeistuksien tieto kerättiin yrityksen hitsaamon työntekijöiltä. Ohjeistettavien tuotteiden työvaiheet käytiin läpi vaihe vaiheelta ja samalla ideoitiin mahdollisia parannusehdotuksia työvaiheiden nopeuttamisiksi ja virheiden vähentämiseksi. Ohjeiden laadintaa suoritettiin sitä mukaa, kun eri tuotteet olivat tuotannossa. Joissakin tuotteissa havaittiin mahdollisuuksia virheiden karsimiseen Poka-yoke menetelmän mukaisesti, mutta muutokset olisivat vaatineet hitsaus- kiinnittimien muokkausta ja tällöin työ olisi mennyt tuotannon tehostamisen puolelle ja näin ollen



ulos aiheen rajauksesta. Poka-yoke menetelmällä tarkoitetaan kiinnittimien suunnittelua siten, ettei liitettäviä osia voi asentaa kiinnittimeen väärällä tavalla. Tehostamiset, jotka onnistuisivat ilman kiinnittimien muokkausta ja ne perustuisivat ainoastaan työvaiheiden nopeuttamiseen tai vähentämiseen, voitaisiin toteuttaa ja kirjata työohjeistuksiin.

Työohjeisiin kuvattiin kuvat digitaalikameralla kappaleiden hitsauskiinnittimistä sekä hitsauksen työvaiheiden kulusta joihin kuului esimerkiksi: liitettävien kappaleiden asettelut hitsauskiinnittimeen, kiinnityksen toteuttamiskuvat, kappaleen siltahitsauksen kuvat, hitsausjärjestys sekä tarvittaessa viimeistelyvaiheen yksityiskohdat, sillä asiakas on asettanut vaatimukset tiettyjen tuotteiden viimeistelytyylille ja laadulle. Työvaiheista otettuihin valokuviin lisättiin Microsoft Paint -ohjelmalla huomiokenttiä sekä viitenuolia olennaisista asioista tekstin ymmärtämisen selkeyttämiseksi.

Valmiisiin työohjeisiin liitettiin tarvittavat liitetiedostot, joita olivat pWPS – hitsausohjeet, valmistuksen vaiheiden kuvat, valmistuspiirustukset ja tietyissä poikkeuskappaleissa tarvittavat hitsausjärjestyskuvat muodonmuutosten vähentämiseksi ja ennakkoinniksi. Ohjeet tarkastettiin yrityksen toimihenkilöiden avustuksella ja tarkastamisen jälkeen työohjeet tulostettiin ja kansioitiin. Työohjekansiot arkistoitiin hitsaamon tarvikevarastoon, josta työntekijät noutavat tuotteiden työmääräimet. Tällöin työohjeen voi tarvittaessa helposti ottaa käyttöönsä valmistukseen tulevan kappaleen työmääräintä noudettaessa.

Työohjeista laadittiin opinnäytetyön puitteissa yhdet versiot, mutta tulevaisuudessa ohjeista tulee toiset kopiot, jotta työohjeen ollessa käytössä, hyllyssä säilyy käytettävissä aina yksi ylimääräinen työohje tuotteen valmistukseen. Nykyinen käytäntö yrityksessä on ollut, että jokaisella työpisteellä on kansioituna valmistuspiirustukset tuotteille. Tämä menettely on työläs päivittää ja uusi käytäntö nopeuttaa ohjeiden päivittämistä. Mikäli tulee tarve päivittää työohjetta, ei päivitettyä versiota tarvitse tulostaa erikseen jokaiselle kymmenelle eri työpisteelle. Työohjeita laadittiin 27 tuotteelle.

## 6.2 pWPS-hitsausohjeet

Hitsausohjeiden lähtökohtana oli laatia ohjeista standardin SFS-EN ISO 3834 vaatimusten mukaisia, jotta yritys voi käyttää niitä tulevaisuudessa mahdollisessa laadunhallintajärjestelmän käyttöönotossa, mikäli sellainen eteen tulee. Ohjeiden käyttäminen laadunhallintajärjestelmässä tietenkin edellyttää ohjeiden hyväksyttämistä ulkopuolisella taholla WPS-hitsausohjeiksi. Ohjeiden laadinta aloitettiin tekemällä taustatutkimusta standardista ja muiden valmistajien esimerkkihitsausohjeista. Taustatutkimuksessa selvitettiin, mitä oleellista tietoa hitsausohjeiden tulee sisältää.

Hitsausohjeisiin kerättävää tietoa oli mm. hitsattava materiaali, liitosmuoto, railotyyppi, hitsausvirta sekä -jännite, langansyöttönopeus, hitsauskuljetusnopeus, käytettävä lisäaine ja suojakaasu, palkojen lukumäärä sekä palkokuvio. Ohjeita tuli laatia jokaiselle eri liitostyypille sekä eri ainespaksuuksille. Hitsausohjeita laadittiin yhteensä 38 kappaletta. Ohjeita tuli runsaasti, sillä hitsausohjeet ovat liitos- eikä kappalekohtaisia ja kappaleissa esiintyi paljon erilaisia liitostyyppejä, joissa vaihteli niin railomuoto, ainespaksuus, kuin hitsin a-mittakin. Mikäli ohjeet hyväksytetään tulevaisuudessa virallisiksi WPS-hitsausohjeiksi, ohjeita on kuitenkin syytä yhdistellä ja laatia niistä tiettyjä kokonaisuuksia laajemmilla hitsausparametriskaloilla. Esimerkiksi yleispätevä ohje a-mitoille 3 - 5 mm ja materiaalipaksuuksille 10mm - 20mm, sillä 38 hitsausohjeen virallistaminen olisi liian suuri kustannuserä ohjeista saavutettuun hyötyyn nähden. Laaditut hitsausohjeet kirjattiin Microsoft Office Excel - taulukkokirjaan hitsausohjelueeteloon sekä arkistoitii hitsaamoon tuleviin työohjekansioihin. Luettelosta ohjeet ovat helposti löydettävissä ja nopeasti uudelleen käytettävissä tarpeen mukaan.

### 6.2.1 Tietojen keräys

Ohjeisiin kirjattavat hitsattavat materiaalit selvitettiin tuotteiden valmistuspiirustuksista ja liitosmuoto sekä railotyyppi ilmeni myöskin valmistuspiirustuksesta. Liitostyypeistä ja hitsauksen valmisteluista mallinnettiin SolidWorks 3D – mallinnusohjelmalla mallit, joista tehtiin ohjeisiin 2D – kuvat kuvaamaan liitoksen rakennetta. Hitsauksen kuljetusnopeuden laskeminen suoritettiin mittaamalla hitsattavan sauman palon pituus ja jakamalla se hitsaukseen käytetyllä kaariajalla (aika, jolloin hitsaustapahtuma on käynnissä). Laskukaava on esitetty kaavassa 6.

$$\text{Hitsausnopeus } \left( \frac{m}{min} \right) = \frac{\text{Hitsin pituus } (m)}{\text{kaariaika } t \text{ (min)}} \quad (6)$$

Hitsausvirtoja ja jännitteitä mitattiin käytännön mittauksilla lukemalla arvot hitsauslaitteistojen mittareista hitsauksen aikana. Kaarijännitteiden arvot säilyivät melko samoina, mutta hitsausvirtojen arvot vaihtelivat enemmän. Hitsausvirran ja jännitteen mittausta hankaloitti se, että valitettavasti kaikissa hitsauslaitteissa ei ollut mittaristoja joista arvot olisi ollut luettavissa. Näin ollen virta-arvoja jouduttiin muutamaa ohjeeseen kirjaamaan arviolta ja kokemusten perusteella, tai hitsaamalla koekappale hitsauspisteessä, jossa oli mittaristolla varustettu hitsauslaite.

Tämä menettely käy yrityksessä valmistettavien tuotteiden hitsaukseen, mutta mikäli yrityksessä suoritettaisiin vaativampaa hitsausta, olisi erilliset virta- ja jännitemittauslaitteet ehdottomia hitsauspisteisiin, joissa olevia laitteita ei ole varustettu mittaristoilla.

Langansyöttönopeudet oli luettavissa jokaisen hitsauslaitteiston säätimistä, langansyöttönopeuden arvoa vastaa suoraan tietty hitsausvirta, joten sen valitsemiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Käytettävä lisäaine sekä suojakaasu säilyivät jokaisessa ohjeessa samana, sillä käytössä olevat ESAB:in lisäainelanka ja AGA:n suojakaasu ovat erittäin monikäyttöisiä. Suurempia railoja- ja isompia liitoksen a-mittoja hitsattaessa myös palkojen lukumäärä ja palkokuvio tuli kirjata hitsausohjeeseen. Nämä tiedot saatiin hitsaajilta ja tietoa pidettiin pätevänä ohjeeseen kirjattavaksi hitsaajien työkokemusten perusteella.

## 6.2.2 Lämmöntuontien ja jäähtymisaikojen tarkastelu

Olennaisena osana hitsausohjeita tuli määrittää hitsauksesta kappaleeseen syntyvät lämmöntuontien arvot. Arvot laskettiin kaavojen 2 ja 3 mukaan ja taulukoitiin hitsausohjeisiin. Lämmöntuonteja tarkastellessa ilmeni paikoittain pieniä lämmöntuontiarvoja materiaalien sietokykyyn nähden. Esimerkiksi Rautaruukin antama lämmöntuontisuositus yrityksessä usein käytetylle teräkselle S355J2G3 on 2,8...4,8 kJ/mm ainepaksuuksilla 10...30mm. Vastaavasti toiselle usein käytetylle teräkselle S420NL lämmöntuontisuositus on 1,7...2,7 kJ/mm (Rautaruukki 2003, 36).

Pienet hitsausenergian sekä jäähtymisajan arvot kertovat osittain suoritettavan hitsauksen tehostamispotentiaalista. Mitatut ja kaavojen 2, 3, 4 ja 5 mukaan lasketut arvot on esitetty taulukossa 2. Taulukkoon on laskettu hitsausenergia joka vastaa lämmöntuontia, kun se kerrotaan hitsausprosessin termisellä hyötysuhteella  $k$  (MAG-hitsaus 0,8). Pääasiassa hitsausarvot ovat kuitenkin melko kohdallaan, mutta joitakin yksittäisiä parannuskohteita ilmeni. Tietyissä kohteissa hitsausenergiaa rajoittavana tekijänä oli esimerkiksi hitsattavan materiaalin pieni ainespaksuus.

TAULUKKO 2. Lasketut hitsausenergia- sekä jäähtymisaika-arvot

pWPS - numero	t1	t2	Hitsausenergia (kJ/mm)	Jäähtymisaika t8/5 (s)
pwps1001	20	20	2	7,16
pwps1002	20	8	0,75	2,85
pwps1003	20	10	1	3,80
pwps1004	16	16	1,25	4,75
pwps1005	16	16	1,25	4,75
pwps1006	12	12	1,1	4,18
pwps1007	12	12	1,15	4,37
pwps1008	20	20	1,5	5,71
pwps1009	20	20	1,5	5,71
pwps1010	15	12	1,2	4,56
pwps1011	16	16	1,1	4,18
pwps1012	12..20	15..20	1,5	5,71
pwps1013	5..15	7	1,375	5,33
pwps1014	5	8	1,16	4,6
pwps1015	10	99	1,25	4,75
pwps1016	12,5	20..25	1,25	4,75
pwps1017	20	4..20	1,25	4,75
pwps1018	4	7,5	1,25	4,75
pwps1019	4	5	1,06	4,03
pwps1020	20	27,5..30,5	1,2	4,56
pwps1021	3,25	30,5	0,75	2,85
pwps1022	30	25..27,5	1,35	5,1
pwps1023	20	20	1,375	5,23
pwps1024	20	4	1,06	4,06
pwps1025	30	27,5	1,7	6,47
pwps1026	25	17,5	3,56	13,32
pwps1027	25	1..10	0,525	1,9
pwps1028	15	15	1,2	4,56
pwps1029	6	15	0,65	2,47
pwps1030	6	8	0,66	2,47
pwps1031	6	15	1,25	4,75
pwps1032	6	15	1,875	7,12
pwps1033	15	21	1,25	4,75
pwps1034	10	20	0,51	1,94
pwps1035	20	8..10	0,75	2,85
pwps1036	20	17,5	2,66	10,12
pwps1037	6	30	1,22	4,64
pwps1038	15	15	1	3,8

### 6.3 Varastointi

Varastoinnin organisoinnin toteutus aloitettiin kartoittamalla nykytilanne ja ideoimalla sisävarastointiin tehtävät parannukset. Ideat esitettiin yrityksen toimihenkilöille ja hitsaamon työntekijöille ja niistä potentiaalisinta alettiin toteuttamaan.

#### 6.3.1 Varastoinnin suunnittelu

Varastoinnin suunnittelun perustana päädyttiin käyttämään hitsauskiinnittimien käyttöastetta. Käyttöaste määräytyy valmistettavien tuotteiden arvioidun vuositarpeen ja eräkoon suhteesta. Hitsauskiinnittimien varastoinnin suunnittelussa tuli ottaa huomioon myös työturvallisuusasiat sekä kiinnittimien fyysiset koot.

Hitsauskiinnittimien sijoittelu varastohyllyköille noudattaa käyttöastetta siten, että käyttöasteeltaan suuret kiinnittimet ovat helposti saatavilla ja mahdollisimman lyhyiden siirtomatkojen päässä työpisteistä, joissa tuotetta valmistetaan. Työturvallisuuskulmasta kiinnittimet sijoitettiin massan mukaan: painavimmat kiinnittimet lattiatasoon ja keveämmät ylemmille tasoille. Sijoittelemalla painavimmat hitsauskiinnittimet lattiatasoon vältetään mahdolliselta tippumis- ja allejäämisvaaralta. Käyttöasteeltaan suurimmat kiinnittimet sijoitettiin hyllyköissä lattiatasossa sijaitsevien painavien kiinnittimien yläpuolelle ja ylimmälle tasolle varastoidaan käyttöasteeltaan pienimmät ja keveimmät hitsauskiinnittimet.

Suunnittelussa täytyi organisoida myös hyllypaikkojen merkinnät ja huomioida selkeä hyllypaikkojen erottelu hyllystöissä. Hyllypaikkojen merkinnöissä päädyttiin noudattamaan jo ulkovaraston merkinnöissä käytössä olevaa ja hyväksi todettua logiikkaa, rivi- ja sarakejärjestelmää. Olemassa olevan järjestelmän jatkamisen todettiin olevan järkevin vaihtoehto sisävaraston organisointiin, jotta käytössä on yksi yhtenäinen järjestelmä eikä työntekijöiden tarvitse muistaa kahta eri merkintälogiikkaa. Sisävaraston hyllypaikkojen merkinnät numeroidaan jatkumona rivit E:stä J:hin ja sarakkeet 1:stä 13:aan. Hyllypaikkojen erottelut päädyttiin toteuttamaan keskikokoisten kiinnittimien hyllyyn lokeroitiseinillä ja pienikokoisten kiinnittimien hyllyyn metallisilla ottolaatikostoilla.

### 6.3.2 Varastoinnin toteutus

Varastoinnin toteutus aloitettiin tutkimalla eri varastokalustetoimittajien valikoimia. Etsinnässä oli välineitä varastoinnin merkintään, metallisia varastolaatikoita sekä väliseiniä hyllyjen lokerointiin. Sopivia keskikokoisten kiinnittimien hyllyjen erotteluun tarkoitettuja lokerikkoseiniä ei löydetty miltään varastokalustetoimittajalta joten lokerikkoseinät täytyi tilata ohutlevytuotteita valmistavalta konepajalta. Myöskään metallisia ottolaatikoita ei löytynyt valmiina, joten ne hankittiin tilaustyönä. Hyllyjen merkinnät päätettiin toteuttaa yrityksessä olevalla tarranmonistuslaitteella.

Varastointiin tilaustyönä valmistettavat osat tilattiin Outokummussa sijaitsevalta CNC-Metal Oy:ltä. Osien mallintamisen toteutettiin SolidWorks 3D -mallinnusohjelmalla Sheet Metal -toimintoa käyttäen. Lokerikkoseinistä tehtiin valmistuspiirustus ja ottolaatikoista osa- ja kokoonpanopiirustukset. Osien piirustukset on esitetty liitteissä 1 ja 2. CNC-Metalin työkiireiden vuoksi ottolaatikoiden kokoonpano ja pintakäsittely päätettiin toteuttaa Kiriken omana työnä. Muussa tapauksessa varastointiin tarvittavat osat eivät olisi kerenneet tulla ajoissa ja venyttäneet opinnäytetyön aikataulua.

Leikattujen ja särmättyjen osien toimituksen jälkeen laatikot hitsattiin Kiriken hitsaamossa. Laatikoiden hitsauksen aikana suoritettiin nykyisten varastohyllyjen siivous ja tyhjennys. Hyllyihin oli kerääntynyt paljon käyttämätöntä tavaraa ja ne poistettiin käytöstä lopullisesti. Tarpeettomat tavarat laitettiin metallinkierrätykseen. Hyllyjen tyhjennyksen jälkeen hitsattiin hyllyyn lokerointiseinät. Seinät aseteltiin kiinnittimien kokojen mukaan kolmelle hyllytasolle. Alimman hyllytason lokeroista tehtiin 450 mm levyisiä, keskimmäisen hyllyn lokeroista 250/300 mm ja ylimmän hyllyn lokeroista 300/200 mm levyisiä. Lopuksi hyllyt ja laatikot pintakäsiteltiin pulverimaalaamalla.

Pintakäsittelyn valmistuttua alettiin suorittaa kiinnittimien ja hyllypaikkojen merkintää. Keskiraskaat kiinnittimet järjesteltiin lokerikkohyllyihin varastointi-suunnitelman mukaisesti ja hyllypaikat merkittiin tarroilla E1:stä H 13:ta. Pienikokoisimmat hitsauskiinnittimet järjesteltiin pienempään hyllykköön metallisiin ottolaatikoihin ja ottolaatikat merkittiin I1:stä L4:ään. Merkintöjen ja kiinnittimien sijoitteluiden valmistuttua varastohyllyköistä laadittiin hyllykartat. Hyllykartoista ilmenee kiinnittimien sijainti varastossa hyllypaikkakoodin, hitsauskiinnittimen numeron sekä tuotteen valmistuspiirustuksen mukaan. Myös hitsauskiinnittimiin tehtiin paikka- ja valmistuspiirustusnumeromerkinnät, joten kiinnittimet ovat nyt tarpeen mukaan helposti löydettävissä.

## 7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö käsitteli Kirike Oy:n hitsaustoiminnan tehostamista ja organisointia. Työssä laadittiin hitsaus- ja työohjeita sarjatuotantokappaleiden valmistukseen. Aluksi kartoitettiin hitsaustoiminnan nykytilanne ja ideoitiin yritykselle ohjeistukset, jotka ovat selkeästi luettavissa ja kaikkien ymmärrettävissä.

Valmistettavat kappaleet ovat työn vaativuudeltaan keskitasoa joten työohjeet eivät ole välttämättömiä, mutta sarjakokojen kasvaessa perusteellisista työohjeista saatava hyöty vaihteluiden ja virheiden vähentämiseksi kasvaa. Perusteellisilla työohjeilla tuotantoa voidaan yhtenäistää ja eri työtavoista johtuvat inhimilliset virheet karsiintuvat. Valmistuksessa esiintyvien virheiden määrää ei kuitenkaan koskaan voi täysin eliminoida, kun työn tekijänä on ihminen. Työohjeita laatiessa oltiin paljon tekemisissä hitsaamon henkilökunnan kanssa. Työvaihteita käytiin läpi hitsaajien kanssa ja yhdessä löydettiinkin muutamia parannuskohteita virheiden ehkäisemiseksi.

Hitsausohjeiden laatimista helpotti olemassa oleva standardi, jota käyttämällä ohjeiden laatiminen selkeytyi huomattavasti. Ohjeisiin tarvittavien hitsausparametrien mittaukset onnistuivat hyvin. Hitsausparametrit mitattiin tuotannossa tapahtuvien hitsaustapahtumien aikana. Mittauksia hankaloitti mittaristojen puute muutamista hitsauslaitteista. Tämä ratkaistiin laittamalla arvot ohjeisiin kokemusten perusteella sekä hitsaamalla kappaleita mittareilla varustetuilla laitteilla. Ohjeisiin kirjattiin arvot, joilla liitoksista tuli silmämääräisesti tarkastettuna laadukkaita ja piirustusten mukaisia.

Teoreettista näkökantaa työhön haettiin tutkimalla hitsauksen tehokkuutta lämmöntuontien ja jäähtymisaikojen kautta. Pääasiassa hitsausta suoritettiin tehokkaasti, mutta muutamia poikkeuksiakin havaittiin. Hitsausohjeisiin lasketut lämmöntuontiarvot ja jäähtymisajat vaihtelivat melko paljon luonnollisesti ainespaksuuksien vuoksi. Arvojen vaihteluja selittää myös se, että hitsaus suoritetaan käsihitsauksena. Ihmisen käsi ei kykene kuljettamaan hitsauspistoolia yhtä tasaisella nopeudella kuin esimerkiksi hitsausrobotti. Hitsauksen tehostaminen jää tulevaisuuden työksi, sillä uusia hitsausparametrejä ei voi kirjata hitsausohjeisiin ilman koekappaleiden hitsausta. Ilman koekappaleita uusilla hitsausparametreillä hitsattujen kappaleiden laatua ei voi tietää.



Viimeinen työn osa-alue, kiinnittimien varastointi oli hitsaamon työntekijöiden kannalta työn merkittävin osa. Entinen varastointi oli melko sekava ja tarvittavien kiinnittimien etsimiseen saattoi kulua runsaasti aikaa. Varaston käyttö selkeytyi uuden systeemin ansiosta huomattavasti. Jokaiselle käytetylle hitsauskiinnittimelle on merkitty hyllystössä oma paikkansa, josta se on nopeasti löydettävissä laadittujen hyllykarttojen avulla. Myös varaston visuaalinen ilme siistiytyi merkittyjen hyllypaikkojen ja hyllyjen pintakäsittelyn ja viimeistelyn ansiosta.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö selkeytti yrityksen hitsaamon toimintaa. Oikein käytettynä tuotannossa tapahtuvat virheet vähenevät, uusien työntekijöiden opastus nopeutuu sekä varaston siisteyttä ylläpitämällä myös aikasäästöjä on mahdollista saavuttaa. Työ oli mielestäni mielenkiintoinen ja onnistui hyvin. Erityisesti olen iloinen siitä, että työstä oli konkreettista hyötyä yritykselle.

## LÄHTEET

Finder [verkkosivu]. [viitattu 10.3.2011]. Saatavissa <http://www.finder.fi>.

Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. 2004. *Kuljetukset ja varastointi - järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet*. Helsinki: WS Bookwell Oy.

Kirike Oy. 2008. [verkkosivu]. [viitattu 9.3.2011]. Saatavissa: <http://www.kirike.fi>.

Lecklin, O. & Laine, R. O. 2009. *Laadunkehittäjän työkalupakki*. Hämeenlinna: Kariston kirjapaino Oy.

Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. *Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet*. Helsinki: Werner Söderström Oy.

Lillrank, P. 1998. *Laatuajattelu: Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa*. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Lukkari, J. 2002. *Hitsaustekniikka: Perusteet ja kaarihitsaus*. Helsinki: Editra Prima Oy.

Niemi, E. 2003. *Levyrakenteiden suunnittelu*. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

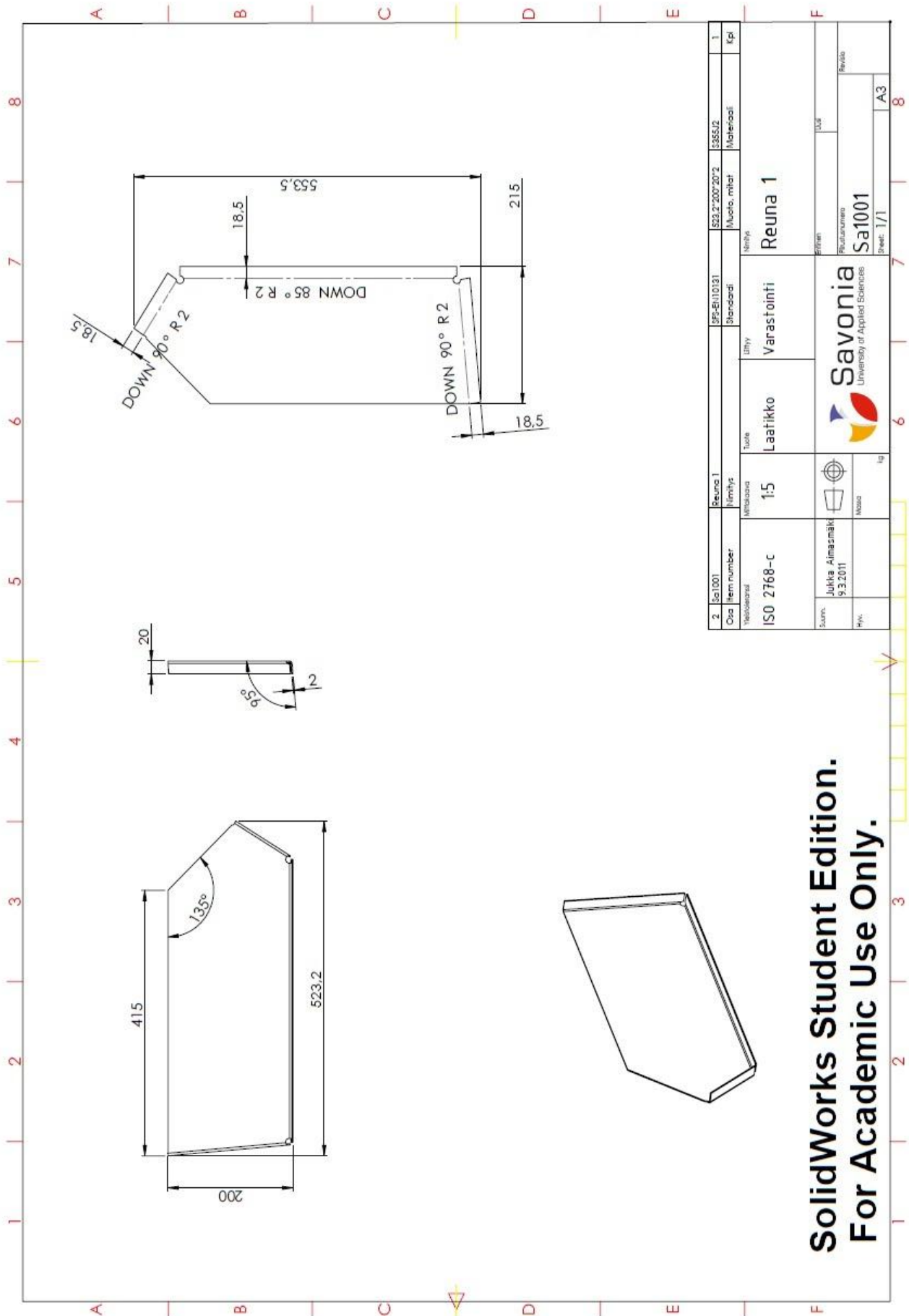
Oy AGA Ab. [verkkosivu]. [viitattu 26.3.2011]. Saatavissa: [http://www.aga.fi/international/web/lq/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/mison\\_gases](http://www.aga.fi/international/web/lq/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/mison_gases).

Oy ESAB. 2002. *Hitsien laatu ja hitsausvirheet* [verkkójulkaisu]. Helsinki: Oy ESAB [viitattu 9.4.2011]. Saatavissa: [http://www.esab.fi/fi/fi/support/upload/Hitsien\\_laatu\\_ja\\_hitsausvirheet.pdf](http://www.esab.fi/fi/fi/support/upload/Hitsien_laatu_ja_hitsausvirheet.pdf).

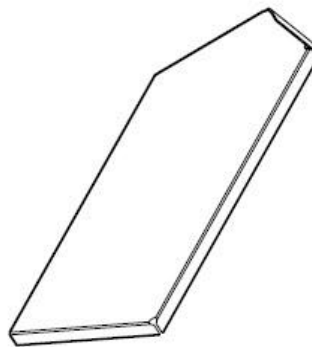
Oy ESAB. 2008. *Lisäaineluettelo*. Helsinki: Oy ESAB.

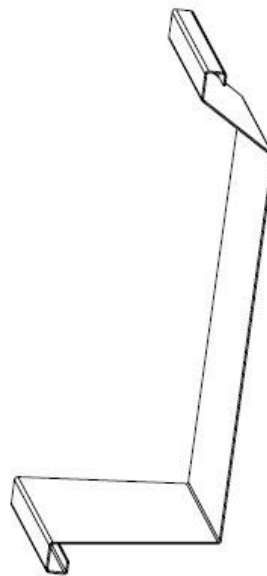
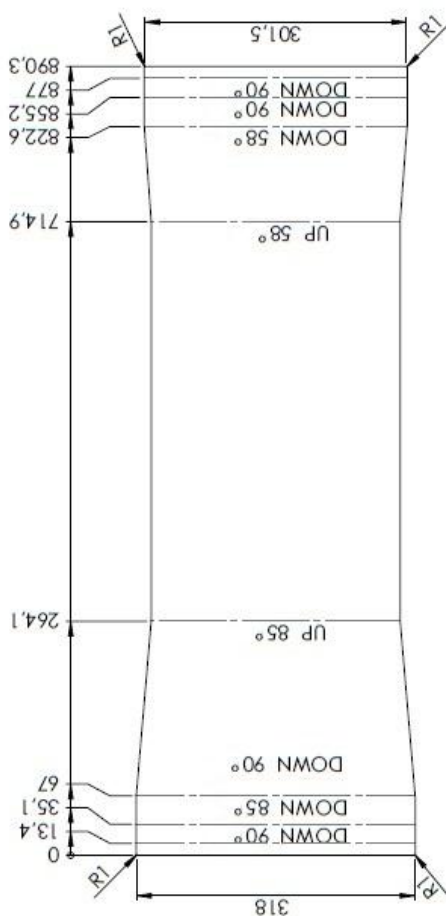
Rautaruukki Steel. 2003. *Hitsaajan opas*. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

SFS EN ISO 3834 2009. *Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset*. 1. painos. Teoksessa *Hitsaus*: Osa 1: Hitsauksen laadunhallinta. SFS-käsikirja 66-1. uudistettu painos 2009. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS Ry, 10-12.





**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

[illegible]

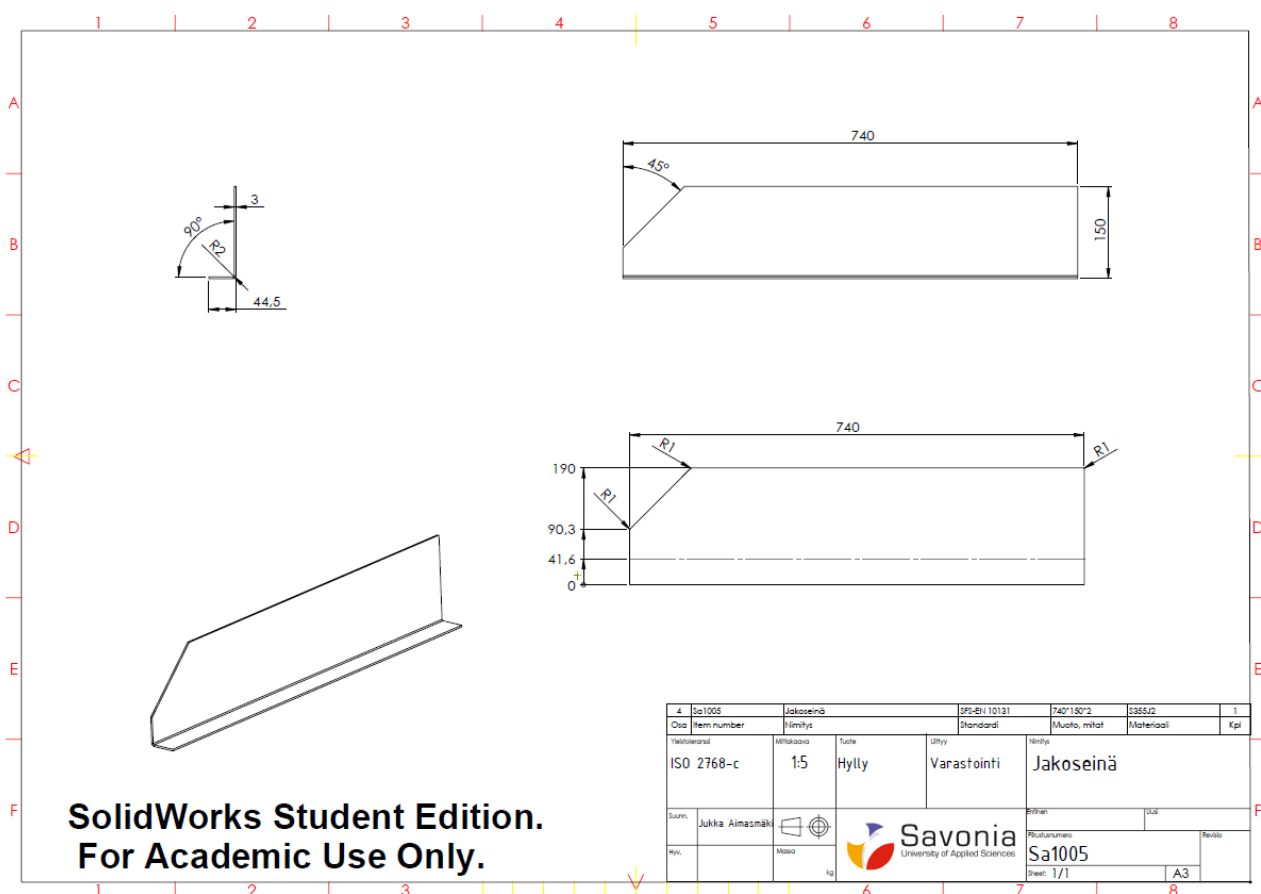


**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

1	Sa 1003	Pohja	952-B1 110131	952-3207-2007-2	138512	1
	Item number:	Nimi/tyy.	Standardi	Muoto, mitat	Materiaali	Kpl
Häädänsääd		Tuote	Urhyy	Nähtyy	Pohja	
ISO 2768-c		1:5	Laatikko	Varastointi		
Suunn.	Jukka Almasmäki 9.3.2011			Erä	Uusi	
Hv.		Määrä		Plustanumero		Revisio
				Sa1003		
				Sheet: 1/1		A3



## Liite 2







---

[www.savonia.fi](http://www.savonia.fi)

